美国 BROOKFIELD 博力飞

DV-III+可编程控制式流变仪

操作指引手册

手册编号 No. **M/98-211**

I. 简介

I.1 简介

美国 Brookfield 公司生产的旋转粘度计和流变仪是粘度测定的世界标准。DV-III+是博力飞 Brookfield 公司流变仪系列中的实验室仪器，它可以与博力飞 Brookfield 产品系列的其它配件如超低粘度承接器、小量样品承接器、升降平台、螺旋承接器、恒温水浴或加热器等一起使用，以及在 DV-III+基础上的威-博力飞锥/板流变仪，从而构成适应范围宽广而全面的粘度测量系统。

I.2 粘度测定原理

所有 Brookfield 粘度计和流变仪，包括威-博力飞锥/板粘度计和流变仪，均通过一个经校验过的铍-铜合金的弹簧带动一个转子在流体中持续旋转，旋转扭矩传感器测得弹簧的扭变程度即扭矩，它与浸入样品中的转子被粘性拖拉形成的阻力成比例，扭矩因而与液体的粘度也成正比。

DV-III+流变仪测定相当广范围的液体粘度，粘度范围与转子的大小和形状以及转速的有关。因为，对应于一个特定的转子，在流体中转动而产生的扭转力一定的情况下，流体的实际粘度与转子的转速成反比，而剪切应力与转子的形状和大小均有关系。对于一个粘度已知的液体，弹簧的扭转角会随着转子转动的速度和转子几何尺寸的增加而增加，所以在测定低粘度液体时，使用大体积的转子和高转速组合，相反，测定高粘度的液体时，则用细小转子和低转速组合。

DV-III+流变仪采用液晶显示，显示信息包括粘度、温度、剪切应力/剪切率、扭矩、转子号/转速以及程序运行跟踪等。0-10mV 和 0-1V 的模拟信号输出端子可用于连接外部显示器件和记录设备，而 RS-232C 数字信号输出接口则可以用于连接电脑等外围数据处理系统。

对于博力飞 DV-III+流变仪系列，有四种配有不同形变系数弹簧的型号可供选择：

型号	弹簧扭矩 dyne-cm	弹簧扭矩 milli Newton-m
LVDV-III+	673.7	0.0673
RVDV-III+	7,187.0	0.7187
HADV-III+	14,374.0	1.4374
HBDV-III+	57,496.0	5.7496

弹簧形变系数越高，其测量范围越大，详细的量度范围请参阅附录 B。

所显示的数值会因所选择的的计算单位（CGS 或 SI）而异

1. 粘度：可以显示 cP 或 mPa.s 值。
2. 扭矩：以最大弹簧扭矩的百分比表示。
3. 剪切应力：单位为 dyne/cm^2 或牛顿/平方米
4. 剪切率：1/秒

计算单位互换：

	国际单位		CGS
粘度：	1mPa.s	=	1cP
剪应力：	1 牛顿/米^2	=	10dyne/cm^2
扭矩：	1 Newton-m	=	10^7dyne-cm

I.2 组件

名称	**编号**	**数量**
DV-III+流变仪		1
电源底座	DVP-2Y	1
转子数		
LVDV-III+：　4 支	SSL	1 套
RVDV-III+：　7 支	SSR	1 套
HA/HBDV-III+：7 支	SSH	1 套
电缆：		
115 伏	DVP-65	1
或 230 伏	DVP-66	1
温度探头：	DVP-94Y	1
护脚：		
LVDV-III+	B-20Y	1
RVDV-III+	B-21Y	1

包装手提箱：	DVP-71Y	1
RHEOLOADER 软件：	DVLOADER	1
电脑连接电缆：	DVP-80	1
操作手册：	M/98-211	1

I.3 性能

转速范围：0.01-250 RPM，可从 0.01 到 0.99RPM 的范围内以 0.01RPM 的增量递增，以及在 1.0 到 250RPM 的范围内以 0.1RPM 的增量递增。
输入电压：90 伏-260 伏交流电压
频率：47-440 Hz
功耗：小于 20 瓦
净重：14.5 公斤
工作温度：-100℃ — 300℃（-148℉ — +572℉）
扭矩模拟信号输出：0—1 伏（对应 0—100%最大扭矩）
温度模拟信号输出：0—4 伏（10mV/℃）
RS-232 串行口：用于连接打印机、电脑或 Brookfield 的恒温控制器
并行口：用于连接打印机
粘度测量精度：测量范围的±1%
重复性：±0.2%
温度测量精度：±0.1℃：在-100℃到+149℃之间；
±0.2℃：在 150℃和 300℃之间

I.4 安装方法

1. 根据英文说明书上第 6-8 页的图示安装好支架和底座及机身。
2. 把 RDT 温度探针连接到机身背面的温度探针插孔上。
3. 调节流变仪的水平，使水平气泡在黑色圆圈中。
4. 拆除转子接头保护帽。
5. 把底座背面上的电源开关扳到关闭位置，接上供电电缆。
6. 对于锥/板流变仪，请参阅附录 A。
7. 根据需要，用连接电缆通过串行口 RS-232 连接 DV-III+底座和电脑。
8. 根据需要，用连接电缆通过 25 针并行口连接 DV-III+底座和并行口打印机。
9. 根据需要，用连接电缆通过机身后面的 9 针串行口连接 DV-III+和 25 针串行打印机。

注意：DV-III+流变仪必须连接地线。

I.5 控制面板介绍

1. MOTOR ON/OFF， ESCAPE：开关电机，或取消当前操作，返回上次界面。
2. AUTO RANGE ：显示当前转子/转速组合下，当扭矩为 100%满量程使得可测量的粘度最大值。

3. SELECT SPINDLE：配合数字键来设定转子编号。
4. SELECT DISPLAY：选择所需显示的参数：扭矩百分数（%），粘度（cP 或 mPpa.s），剪应力 SS（达因/平方厘米或牛顿/平方米），剪切率 SR（1/秒）。
5. OPTION/TAB
   OPTION：开启选项菜单。
   TAB：在可选参数之间切换。
6. PRINT：设置打印模式，在选项菜单中选择打印或不打印模式。
7. PROG：进入编程菜单可以生成、运行或删除程序，并可以浏览或修改已保存的程序。
8. PROG RUN：执行 DV-III 速度/时间对程序。
9. 数字键（0 到 9）：设定速度，选择对话框和选项菜单的项目。
10. ENTER ：确认键，与电脑的 ENTER 键功能相似。

II. 操作说明

II.1 自动校零

在读数之前，流变仪必须线进行自动校零。每当电源开关关掉以后，重新使用仪器时都要进行这一步骤。流变仪的显示屏会引导你用下面的步骤进行操作：

打开流变仪底座后面的电源开关。然后显示屏出现图 1 的信息。粘度测量的范围显示在第三行，图 1 显示的是 HA 型，操作固件的版本是 0.0。

```
BROOKFIELD
DV-III+ RHEOMETER
V0.0 HA
STANDALONE
```

图 1

这时不需要按任何键，几秒钟以后，屏幕会显示”REMOVE SPINDLE, LEVEL RHEOMETER AND PRESS THE MOTOR ON/OFF KEY TO AUTOZERO”，即取下装在机子上的转子，然后调节水平，按 MOTOR ON/OFF 键进行自动校零。在进行自动校零前，Brookfield 建议先让仪器预热 10 分钟。

屏幕会闪烁大约 15 秒钟后，屏幕显示为“AUTOZERO IS COMPLETE REPLACE SPINDLE AND PRESS ANY KEY”，此时按任意键，主显示屏会出现默认信息，仪器处于待机使用状态：

```
RPM:0.0   SPINDLE:31
TEMP:72.1℉      PRIN

TORQUE = 0.0%
```

图 2

第三行为空白行，选择转子或转速以后，可显示在此行。另外，用编程模式时，可以在此显示所选定的程序项。

II.2 选择转子



LVDV-III+流变仪提供 4 个一套的转子和一个窄的护脚；RVDV-III+流变仪提供 7 个一套的转子和一个宽的护脚；HADV-III+和 HBDV-III+流变仪都提供 7 个一套的转子，没有护脚。（参阅附录 E 部分了解关于护脚的更详细的资料。）

将转子旋拧连接到流变仪的连接头上，注意它是左手螺旋线方向的。在连接转子时要注意保护粘速计的连接头，并用一只手轻轻提起它。转子的螺帽和流变仪的螺纹连接头要保持光滑和清洁，以避免转子转动不正常。可以通过转子螺帽上的数字识别转子的型号。

DV-III+需要键入转子编号来进行计算粘度、剪切率和剪切应力。DV-III+流变仪存储器包括所有标准转子和自定义转子，每个转子的编号为两个数字 00-99（参阅附录 D 有所有转子的编号）。

按“SELECT SPINDLE”键就会显示当前的转子号，用数字键输入所需转子号，然后按 ENTER 键确认。

注意：如果转子号确认失败，你可重复数字键设定转子编号。

这样 DV-III+就可以用新的转子号来进行计算了。

II.3 选择转速

DV-III+流变仪有 2600 种可编程转速。直接按数字键设定转速，然后按 ENTER 键确认。例如转速设定为 11RPM，这时屏幕显示如下：

```
RPM:0.0    SPINDLE:31
TEMP:72.1℉        PRIN
ENTER NEW RPM: 11_
TORQUE = 0.0%
```

图 3

注意：在选择转子或转速的时候，DV-III+就根据新设定的转子和转速计算粘度值，并即刻显示出来。

II.4 超出测量范围

当超出 DV-III+的测量范围时，屏幕会有显示，以下是几种情况：

1. 当扭矩超过 100%，百分比读数、粘度和剪切率读数均显示为 EEEE，如图 12 所示：

```
RPM:112   SPINDLE:31
TEMP:72.1℉        PRIN

TORQUE = EEEE %
```

图 4

此时，你需要改变转速或转子。

2．如果你选择的转速使扭矩值低于 10.0%，%（扭矩）、cP（粘度）、SS（剪切应力）的单位就会闪动。此时，你需要改变转速或转子使扭矩读数在 10%-100%之间。

3．当扭矩低于 0%时，粘度或剪切应力的值显示为四个横线（- - - - ）：

```
RPM:112   SPINDLE:31
TEMP:72.1℉      PRIN

S STR = - - - - D/CM2
```

图 5

II.5 外部设备控制模式 External Control

进入外部设备控制模式，DV-III+流变仪通过电脑连接可选软件 RHEOCACL，可以实现电脑程控、数据采集和分析。

注意，在外部设备控制模式状态下，不能使用随机附送的软件 RHEOLOADER，只能在脱机（Stand Alone）状态下运行。

III. 粘度测量

III.1 粘度测量简介

流变仪的操作原理与表盘式粘度计和 DV 系列数字式粘度计一样，如果你对 Brookfield 博力飞其它仪器的使用很熟悉，你就可以按照下列步骤进行粘度测量。如果以前没有使用过 Brookfield 博力飞仪器，请跳过这一节，直接阅读第二节的详细描述。

当用标准转子配普通型号流变仪测量时，建议使用 600ml 的 Griffin 低形烧杯。

1. 安装流变仪，调节机身顶部的水平气泡在黑色圆圈中。
2. 仪器自动校零。
3. 将转子浸入样品中至转子杆上的凹槽刻痕处。如果是碟形转子，注意要以一个角度倾斜地浸入样品中以避免因产生气泡而影响测试结果。用左手螺旋线方向将转子连接 DV-III+流变仪上，避免有横向冲击使宝石轴承和转针损坏。
4. 用”SELECT SPINDLE”键和数字键输入转子编号。
5. 按数字键和 ENTER 键输入转速。转子和转速组合的选择原则是：使扭矩百分比读数在 **10-100%**范围内。对于粘度大的样品，使用面积小的转子和较低的转速；对于低粘度的样品，情况相反。对于非牛顿流体，转速/转子的改变会导致粘度读数的变化。另外，在读数前，应隔一段时间让读数稳定下来，时间的长短取决于不同的流体性质。
6. 测量开始，等读数稳定下来，可以记录扭矩、粘度值、剪切应力或剪切率。
7. 每当换转子或样品时，要按“**MOTOR ON/OFF/ESCAPE**”键使电机关闭。测量完毕取下转子，然后清洗干净，放回装转子的盒中。
8. 有关数据结果的分析、非牛顿流体和触变性流体的粘度测试方面的阐述，请参阅我司编制的“**More Solutions to Sticky Problems**”书，它是随机附送的。如果使用 **RHEOCACL** 可选软件可以进行数据采集和分析。

III.2 准备

A)流变仪的准备：打开电源，调节底座的三个螺丝使机身顶部的水平气泡在黑色圆圈中，然后自动校零。

B)样品的准备：当用标准转子配普通型号流变仪测量时，建议使用 600ml 的 Griffin 烧杯；或者使用 Brookfield 博力飞承接器如小量样品承接器、超低粘度承接器和恒温加热器等。如果你使用的不是标准容器，可能精度会受影响。

LV(#1-#4)和 RV(#1-#7)转子同护腿一起使用。如果测量时不使用护腿，也能得到重现性好的结果，但不能保证结果的准确性。

注意：当与其它实验数据比较时，要确保两组数据是在相同大小形状的容器、同样的温度、同一个转子、转速以及二者都是在有或没有护腿的条件下测量的。

如果要测量指定温度下的粘度，确保样品、容器和转子的温度是一致的。Brookfield 博力飞有各种型号的恒温水浴和恒温加热器可供选择。

III.3 选择转子/转速组合

DV-III+流变仪可以测试范围非常宽广的物体粘度，例如 RVDV-III+可测得粘度范围为100-40,000,000cP，测量范围与转子和转速的组合有关。

用反复试验的方法选择转子和转速组合，使扭矩百分比读数在 10-100%范围内。粘度大的样品，使用面积小的转子和较低的转速；对于低粘度的样品，情况相反。

非牛顿流体的粘度会随转子/转速组合的改变而改变。有关详细的资料，请参阅随机附带的“More Solutions to Sticky Problems”专著。

Ⅳ. DV-III+的编程和数据分析

对于很多品管部门，只需要单点测试，即用一个转子在一个转速下测量。但对于粘度随应力的变化而变化的非牛顿流体来讲，单点测试并不能准确的描述和评估它的流变学行为，这时往往需要进行多点测试，通过做出流变曲线进行分析。这种非牛顿流体行为常见于油漆、涂料和食品，粘度随剪切率的增加而降低。

DV-III+流变仪除了具有单点测试以外，还可以利用编程功能采集多个数据点进行分析。按控制面板上的 PROG 键进入编程和数据分析功能。屏幕出现一个有三种选择的菜单：DV-III、B.E.V.I.S 和 Models。前两个是编程方式，进入 Models 功能可用五种数学模式来分析数据。

```
PROGRAM MODES
1 = DVIII     3 = MODELS
2 = BEVIS
    SELECT:_
```

图 6

IV.1 编程的概念

DV-III+流变仪的编程方式有两种，一种是 DV-III 编程技术，它是采用转速/时间对命令来控制仪器，最多有 25 组命令；第二种是 B.E.V.I.S 即 Brookfield 工程粘度计命令子集编程技术，它是用自定义的程序语言来控制 DV-III+流变仪，可以对转速、时间、数据采集和温度进行控制。相比较而言，B.E.V.I.S 语言比 DV-III 程序高级。

IV.2 DV-III 速度/时间对程序

利用此功能可以生成一个最多 25 个步骤的程序来实现对流变仪的程控和数据采集，它是由一组组不同转速和时间的命令组成的。DV-III+流变仪可以存储 10 个程序，当程序执行完后，可以在 DV-III+的显示屏上查看数据，分析或打印数据。

请看下面两个例子：

a. 在一段时间内收集数据

步骤	转速	时间
1	100	00:12
2	100	00:12
3	100	00:12
4	100	00:12
5	100	00:12

b. 在几种转速下收集数据

步骤	转速	时间
1	2.5	01:00
2	5	00:30
3	10	00:30
4	20	00:15
5	50	00:15

DV-III+流变仪的 10 个存储槽的号码从 0 到 9，用户可以用以前编制的程序进行测量控制。按数字键 1 进入图 7 的 DV-III 编程模式，显示屏如下：

SPEED SET OPERATIONS
1 = ENTER/EDIT A PGM
2 = CLEAR SPEED SET
3 = USE SPEED SET

图 7

此时，用户可以选择编辑一个新程序、删除速度命令集或是用以前编好的速度命令集。如果用户按 1 则进入编辑新程序状态，显示屏变为：

SPEED SET USAGE
IN MEM : 012589
AVAIL : 3467
USE SET: _

图 8

此例子就是告诉用户已经有六个速度命令集在存储单元里了，还有 4 个是可用来编新的程序的。用数字键输入你想要执行的命令集，例如输入“2”，就可以执行程序 2。也可按 MOTOR ON/OFF/ESCAPE 键离开，返回到图 7 的默认屏幕。

假如用户按了数字 3，就可以编制一个新的速度命令集。如果屏幕出现下列信息：

NEW SPEED SET #3
STEP 01
STEP RPM = 0.0
STEP TIME = 00:05

图 9

意味着用户可以在这一步改变速度或时间间隔，或同时改变二者。用数字键和 ENTER 键确认。如果输入无效的参数，屏幕会出现警示。

注意：时间间隔的默认值为 00:05，用户可以改变此值，新的时间间隔会变成新的默认值。同时要注意，在第一步不能将时间间隔设为 0。

PROGRAM #3 COMPLETE
1 = ENTER/EDIT A PGM
2 = CLEAR SPEED SET
3 = USE SPEED SET

图 10

1 是进入编辑程序状态，2 是删除速度命令集，如果要用当前选定的速度命令集，则按数字键“3”，屏幕马上转换成如图 11 所示：

```
RPM: 0.0        SPINDLE:
TEMP:72.1           PRTO
SPEED SET 3 SELECTD
TORQUE = 00.0 %
```

图 11

> **注意：此时也可以直接输入转速，按数字键就可以使流变仪在这个转速下运行，图 11 的 RPM 同时显示你输入的转速值。**

按 PROG RUN 键就可以开始运行程序，仪器在程序控制下进行测试。

如果这时用户想打印速度命令集，只要在选定 2 个转速以后按打印 PRINT 键和 ENTER 键就可以在打印机上进行打印了。打印的内容参照英文操作说明第 26 页。

如果用户在进入清除速度命令集的状态后，又不想清除，可以按“MOTOR ON/OFF/ESCAPE”键离开此状态。

IV.3 B.E.V.I.S.编程菜单

当在显示屏为图 6 按“2”数字键时，选定 B.E.V.I.S.编程菜单时，屏幕为默认显示：

```
B.E.V.I.S. PROGRAMS
PROGRAMS #3 IS IN USE
1= SELECT / DOWLOAD
2 = RUN
```

图 12

这是告诉用户当前的 B.E.V.I.S.程序存储在第三个存储槽里时，你可以按“2”键运行此程序或按数字键“1”选择其它存储槽的程序，DV-III+流变仪一共有 10 个存储槽。

IV.4 SELECTING AND DOWNLOAD A PROGRAM 选择和下载程序

在图 12 按“1”键进入选择和下载程序状态，如图 13 所示：

```
  SELECT PROGRAMS
AVAILABLE: 56789
IN MEMORY: 01234
  CURRENT: 3
```

图 13

显示屏说明已经存储有程序的存储槽为 0、1、2、3、4 号，当前的程序为#3 号，还有 5、

6、7、8、9 号存储槽可以下载新的程序。此时按“ENTER”键即开始运行#3 号程序，或者按数字键 0、1、2、4 运行这些已保存在存储槽里的程序。如果按 5 数字键，则显示为：

```
DOWNLOAD A PROG

LOAD PGM TO SLOT #5
PRESS ENTER TO START
```

图 14

然后按“ENTER”键进行程序下载在第 5 个存储槽里，屏幕显示变为：

```
DOWNLOAD A PROG

DOWNLOADING   BEVIS
PROGRAM TO SLOT #5
```

图 15

关于生成和下载 B.E.V.I.S.程序的详细资料，请参阅第 VI 节介绍 RHEOLOADER 软件的内容。

IV.5 RUNING B.E.V.I.S. PROGRAM 运行程序

在图 13 时按“2”键进入运行程序状态：

```
B.E.V.I.S. PROGRAMS

RUN PROGRAMS #3
PRESS ENTER TO START
```

图 16

此时按“ENTER”键即开始运行#3 号程序，然后屏幕变为：

```
RUNNING PROGRAMS #3
THIS STEP :   WTI0330
NEXT STEP: PDN
STEP 02/39    01:00
```

图 17

关于程序命令的意思请参阅第 VI 节介绍 RHEOLOADER 软件的内容。

V. 选项菜单

DV-III+选项菜单可以让用户执行温度控制命令和指定时间的测试。选项菜单的界面为：

OPTION MENU	
1 SETUP	4 SET TEMP
2 PRINT	5 DATA
3 ALARMS	6 TIMED

图 18

按数字键就可选择相应的项目了，下面一一介绍。

V.1 Set Up

进入 SETUP 模式后，

1. 按“1”键可以改变摄氏度或华氏度为单位显示温度值。
2. 按“2”键可以改变 SI 单位或 CGS 单位显示各测量值。
3. 改变与外部恒温设备的通讯状况。“off”为断开通讯，“on”为流变仪可与外部恒温装置建立通讯。当流变仪开启时，温度控制总是设定在“off” 即通讯关闭的状态。选购 Brookfield 的通讯电缆可以进行加热器和恒温水浴与 DV-III+流变仪之间的通讯。利用可选软件 RHEOCACL 可以对可编程水浴和可编程加热器进行程控。
4. 可以调整温度显示值与外部恒温设备的一致。调整时温度单位会闪烁。

V.2 打印

1．连续打印时改变时间间隔，按“1”键开始，输入时间间隔例如 01:30（即 1 分钟 30 秒）後按 ENTER 键确认。

2．选择串行口（Serial Port）或并行口（Parallel Port）打印。按“2”键进入选择打印端口界面，然后按相应的键选择。

注意当 DV-III+流变仪与外部恒温装置通讯时，不能用串行口进行打印，因为恒温装置都是通过串行口与流变仪通讯的。

3．在打印数据栏上输入日期和时间。日期格式为日/月/年，时间为时/分（24 小时制）。按“3”键开始，输入後按 ENTER 键确认。

V.3 警报功能

DV-III+有三种警报模式：LO ALARM %下限警报, HI ALARM %上限警报和 MOTOR OFF % 电机关闭警报。

警报值参照英文操作说明第 42 页表。

1） 按 OPTION/TAB 键显示选项。
2） 按数字键 3 显示警报选项屏幕。

3） 按 1 键浏览或设定警报值。
4） 输入下限警告扭矩值。新的设定值会覆盖默认值。
5） 按 OPTION/TAB 键移动光标到上限警报处。
6） 输入上限警告扭矩值。新的设定值会覆盖默认值。
7） 按 OPTION/TAB 键移动光标到电机关闭警报处。
8） 输入电机警告扭矩值。新的设定值会覆盖默认值。
9） 按 ENTER 键确认警报值。
10）按数字键 3 开启和关闭警报选项屏幕。
11）按 ENTER 键确认警报条件。

V.4 设定温度

当 DV-III+流变仪连接了外部恒温设备时，可以执行温度控制命令。选择选项菜单的第 4 项，显示当前设置点。用数字键和 ENTER 键输入新的设置点，温度控制器就可以开始进行温控了。

V.5 数据

数据回顾菜单可以回顾浏览最近已经完成速度集程序。可以在流变仪的屏幕上或串行打印机上浏览数据。操作程序如下：

1） 运行 DV-III 或 B.E.V.I.S 程序。
2） 按 OPTION/TAB 键。
3） 按数字键 5 显示数据回顾屏幕：

```
REVIEW DATA
1 = SCREEN ONLY
2 = SCREEN & PRINT
3 = PRINTER ONLY
```

图 19

4） 选择一个回顾模式：只需显示在 DV-III+上按“1”键，要同时显示在 DV-III+和打印机上按“2”键，按“3”键则只在打印机上显示。

V.6 在指定时间模式状态下测试的数据采集

指定时间模式是指 DV-III+流变仪的“Time to Stop”和“Time to Torque”功能。以下作详细解说：

Time to Torque 是指在用户设定转速和转子的情况下，在屏幕上连续显示所经历的时间，一直到扭矩百分比值到达设定值为止所需的时间的功能。

操作方法：进入 TIMED 模式以后选中 Time to Torque 选项，用数字键和 OPTION/TAB 键输入扭矩和速度，然后按 ENTER 键开始测试，一直到指定扭矩达到，仪器自动停止运作。

在进行过程中，可按“SELECT DISPLAY”键和“PRINT”键进行测试参数的浏览和打印。

Time to Stop 是指在用户设定转速和转子后，粘度计在设定的时间内连续测量流体粘度的变化，并同时在屏幕上显示的功能。

操作方法：进入 TIMED 模式以后选中 Time to Stop 选项，用数字键和 OPTION/TAB 键输入时间和速度，然后按 ENTER 键开始测试，一直到指定时间达到，仪器自动停止运作。可按“SELECT DISPLAY”键和“PRINT”进行测试参数的浏览和打印。

Timed Average：是指流变仪计算在指定时间段的平均值的功能。用数字键和 OPTION/TAB 键输入时间、速度和数据点的数量，然后按 ENTER 键即刻开始进行测试。在测试时数据不会显示平均值。

在指定的时间结束后，按“SELECT DISPLAY”键和“PRINT”键进行测试参数的浏览和打印。

附录 A – Cone/Plate 锥/板流变仪的安装

锥板流变仪的操作规程于标准流变仪大致是一样的，只是在测量开始前要先调节锥和板之间的间隙。所谓调节锥与板之间的间隙是转动“板”（在样品杯里），让其与锥中间的触点接触，然后反向旋转“板”，使其与锥触点的间距为 0.0005 英寸（0.013mm）。可编程控制式 DV-III+流变仪为新型的电子指示间隙调节，使调节更为方便、简易。

A.1 电子间隙设定操作界面

切换开关：开启/关闭电子间隙设定功能，拨向左，关闭电子间隙设定功能，拨向右，开启电子间隙设定功能。
红色指示灯：亮时，表示开启电子间隙设定功能。
黄色指示灯：亮时，表示“接触点”已经找到。
位置标记滑块：用于当找到触点时，标记接触点在微调环上的相对位置。
微调环：用于调节锥与板之间的相对间隙。左旋（顺时针）降低样品杯的位置，右旋（反时针）则升高样品杯。环上每格代表 0.0005 英寸的移动量。

A.2 安装

1. 确定仪器安装在支架上，调节水平和自动对零，锥/板无接触，以及扭矩显示值为 0%。
2. 将恒温水浴进出水胶管连接到样品杯的进出水口，进行恒温。
3. 关闭电机，安装时用随机附送的扳手将流变仪的连接头轻轻抬起，然后用手按左手螺旋线方向旋上转子。CPE 的锥转子不适合用在旧机型上（系列号在 S/N50969 以上），只适合用在有电子间隙调节的新机型上。
4. 装上样品杯，注意锥和样品杯不能接触。

注意：当电子间隙指示灯亮时，电传导液体可能会影响测试结果。所以通常情况下，在电子间隙设置好后，要先将指示灯关闭，才能进行读数。

A.3 电子间隙设置步骤

1. 将指示灯打开，进入间隙调节状态，此时红灯亮。
2. 如果黄灯也亮，就要顺时针旋转有刻度的微调环直到黄灯灭。
3. 如果黄灯不亮，则反时针旋转微调环直到黄灯刚刚亮，该点即为锥/板接触点。
4. 往左或右移动位置标记滑块到最靠近满刻度分离标志。
5. 旋转微调环退回一格并对齐两条标志线。此时黄灯应该熄灭。
6. 锥板间隙设置完毕，关掉开关使红色灯灭。

注意：
1. 当微调环没有移动过时，在移动或换样品杯使可以不用重新设置间隙。
2. 每次取下或安装转子时，要重新调节间隙。

A.4 仪器校验

1. 据附录 A 表 A1 找出当前转子所需的样品量。
2. 选择一种粘度值使扭矩值在 10%至 100%最大测量值范围的标准液。当粘度值大于 5000cP 时，请选用矿物油标准液，而不是硅油标准液。对于指定的转子和转速，标准液的粘度值最好尽量接近该组合下的流变仪最大测量值。详情请参阅附录 E。
3. 拆下样品杯，滴入标准液。
4. 装上样品杯并让所有部件有足够的时间达到一致的温度。
5. 开动电机，设定转速，转动至少 5 转后，开始测量并记录粘度值和扭矩百分比读数。
6. 比较所测得的粘度值是否在标准液粘度的±1%的范围内。

说明：凡标有“CPE”标记的锥只可用于有电子间隙设定功能的流变仪/流变仪上。

附录 B – 粘度范围

参阅英文操作手册。

附录 C – 粘度测量的影响因素

参阅英文操作手册。

附录 D – 转子和机型代号

参阅英文操作手册。

附录 E – 校验方法

流变仪的准确性可通过使用博力飞的粘度标准液来测定，标准液为牛顿流体，其粘度值在 25℃下测定，各种标准液的粘度请参阅表 E1 和表 E2，以及产品目录第 26 页。

器皿大小：对于粘度小于 30,000cP 的标准液，盛装容器为有 500 毫升有效体积的 600 毫升的低形烧杯，对于粘度大于或等于 30,000cP 的标准液，直接使用盛装标准液的容器。标准容器的内直径为 3.25″ (8.25cm)，高度为 4.75″ (12.1cm)，注意可以使用比标准烧杯大的容器，但不建议使用比标准烧杯小的容器。

25℃ 标准液		高温标准液 三种粘度/温度
5	5,000	HT-30,000
10	12,500	HT-60,000
50	30,000	HT-100,000
100	60,000	
500	100,000	** 25℃，93.9℃，149℃
1,000		请参阅 Brookfield 博力飞产品目录了解更多这方面的信息

表 E1

矿 物 油 标 准 液 BEL 编号	 粘度（cP）25℃
B31	31
B210	210
B750	750
B1400	1,400
B2000	2,000
B11000	11,000
B20000	20,000
B80000	80,000
B200000	200,000
B420000	420,000

表 E2

校验温度：标准液标签上温度±0.1℃范围内。
检验条件：安装好流变仪，水浴温度稳定在检验温度，对于 LV 和 RV 系列流变仪，需装上护腿。

博力飞粘度标准液性能简介

通常来说，标准液性能不会随时间而变化。但在使用过程中，标准液会因为混入溶剂，不同粘度的标准液或其它外接物质而受到污染。故此我们推荐用户当标准液使用一年后，更换新的标准液。如果标准液未受到污染，标准液可以循环使用。在烧杯中的粘度标准液可以倒回盛装容器中，作日后之用。在小量样品承接器、超低粘度承接器、加热器或螺旋承接器中使用的标准液通常倒掉处理。

使用标准转子的 LV，RV，HA，HB 流变仪的校验方法

1. 把盛有标准液的容器浸入水浴。
2. 把流变仪降到测量位置。
3. 装上转子。对于碟状转子，预防有气泡附在转子上。
4. 整套设备保温至少 1 小时，并定时搅拌。
5. 1 小时后，测量当前温度，如果在设定温度的±0.1℃的范围内，开始测量并记录粘度值。
6. 如果流变仪工作正常，所测得的粘度值应该落在允许的误差范围内。

使用小量样品承接器的流变仪的校验方法

1. 把水夹套的进/出水口与水浴连接，设定并稳定好水浴的温度，在盛样器中加入适量的标准液。

2. 把盛样器装入水夹套中。
3. 插入转子，利用接头延长杆把转子连接到 DV-III+流变仪上。
4. 恒温一段时间使粘度标准液、盛样器和转子的温度达到测试温度。
5. 开始测量并记录粘度值。

使用恒温加热器（Thermosel）的流变仪的校验方法

使用恒温加热器时，先在控制器设定并稳定好测试温度

1. 在 HT-2 样品盛装容器中加入适量的 HT 标准液。
2. 把盛样器装入恒温加热器中。
3. 插入转子，利用接头延长杆把转子连接到 DV-III+流变仪上。
4. 恒温一段时间使粘度标准液、盛样器和转子的温度达到测试温度。
5. 开始测量并记录粘度值。

使用 UL 超低粘度承接器的流变仪的校验方法

1. 把水夹套的进/出水口与水浴连接，设定并稳定好水浴的温度，在盛样器中加入适量的标准液。
2. 插入转子，利用接头延长杆把转子连接到 DV-III+流变仪上。
3. 把盛样器固定在安装槽上。
4. 降低流变仪，把盛样器浸入水浴，或装上水夹套。
5. 恒温一段时间使粘度标准液、盛样器和转子的温度达到测试温度。
6. 开始测量并记录粘度值。

使用升降支架的流变仪的校验方法

对于使用升降支架和 T 形转子的流变仪，首先拆下 T 形转子，装上标准转子（LV：#1-#4，RV：#1-#7）。方法与校验使用标准转子的流变仪一样。T 型转子不能用于检验 DV-III+流变仪。

使用螺旋承接器的流变仪的校验方法

1. 把盛有标准液的容器浸入水浴。
2. 装上转子，套上外筒 SA-1Y，并把外筒固定在 DV-III+流变仪上。
3. 把流变仪降低到测量位置，让电机以 50RPM 或 60RPM 的速度旋转，一直到标准液溢出外筒。
4. 整机预热至少 60 分钟，并定期开动电机搅拌。
5. 1 小时后，测量当前温度，如果在设定温度的±0.1℃的范围内，开始测量并记录粘度值。
6. 如果流变仪工作正常，所测得的粘度值应该落在允许的误差范围内。

威/博力飞锥板流变仪的校验方法

1. 设定好锥转子与“板”之间的间隙。
2. 把样品杯的进/出水口与水浴连接，设定并恒定好水浴的温度。
3. 根据附录 A 表 A1 找出当前转子所需的样品量。
4. 选择一种粘度值在 10%至 100%最大测量值范围的标准液。当粘度值大于 5000cP 时，请选用矿物油标准液，而不是硅油标准液。对于指定的转子和转速，标准液的粘度值最好尽量接近该组合下的流变仪最大测量值。
5. 拆下样品杯，并注入适量标准液，等 10 分钟让两者温度达到一致。
6. 装上样品杯，至少等 15 分钟让温度到达一致。
7. 开始测量并记录粘度值。

如何判定流变仪是否准确

当判定流变仪是否准确时，我们需要同时考虑仪器本身和标准液自身的误差。对于某种转子和转速的组合，流变仪的测量误差范围为该组合下所能测量的最大粘度值的。对于标准液，其误差范围是表称粘度值的(+/-)1%。

例子：

计算 RVDV-III+流变仪在转速为 2RPM，RV-3 转子的情况下，利用在 25℃时粘度值为 12,257cP 的博力飞粘度标准液 12,500 校验其准确性时，可允许的粘度误差范围。

1. 计算当前情况下能测量的最大粘度值
   最大粘度值（cP）=TK*SMC*10,000/RPM
   TK 为弹簧扭转当量，对于 RVDV-III+流变仪为 1.0
   SMC 为转子常数，对于 RVDV-III+的#3 转子为 10.0
   最大粘度值=1*10*10,000/2=50,000cP
   因此 RVDV-III+流变仪在当前情况下误差范围为 50,000cP*(+/-)1% = (+/-)500cP
2. 标准液粘度误差=12,257*(+/-)1% = (+/-)122.57cP
3. 允许的粘度误差范围 = 流变仪误差范围+标准液粘度误差范围
   = (500+122.57) = (+/-)622.57cP
4. 因此当读数在 11,634.4（12257-622.57）和 12,879.6cP（12257+622.57）之间时，证明该流变仪工作正确。否则，该流变仪需要进行检验和维修。

护腿的作用

对于所有的博力飞 LV 和 RV 旋转流变仪都配有护腿，为保护转子而设计。因为护腿是作为仪器校验中的需要考虑的一个部件，所以必须装上护腿，否则会影响测量的准确性。在实际应用过程中，很多时候会碰到盛装样品的容器小于 600 毫升，护腿需要拆除的情况。在这种情况下，流变仪也会测量到一个准确而又可重复的扭矩百分比读数（Torque），在没有根据当前情况下对博力飞因子（factor）进行修正而直接换算成粘度值时，所得的粘度值不是样品实际的粘度。

附录 F：支架安装夹说明和图示，详情参阅英文版操作手册。
附录 G：保修和保养，详情参阅英文版操作手册。